

## Medición de las nanopartículas y de la porosidad de polieter-etercetona (PEEK) en polvo para implantes dentarios: su relación con la oseointegración y adhesión bacteriana.-

Meditation of the nanoparticles and porosity of the powdered polyether-ether ketone particles for dental implants: it's relation to osseointegration and bacterial adhesion.-

Facultad de Odontología - UNLP  
Calle 50 e/ Av. 1 y 115 La Plata (1900). Bs. As. Argentina.  
dikybutler@yahoo.com.ar  
Proyecto 11/O120  
Financiamiento: Universidad Nacional de La Plata

Sin conflicto de interés

-. Butler, Teresa; Lazo, Sergio; Lazo, Gabriel; Basal, Roxana; Escudero, Ezequiel; Friso, Ester; Pazos, Fernando; Alfaro, Gabriel; Bentivenga, Nicolás; Ivanov, Marcela; Amaro, Emilio; Spina, Mariana; Saporitti, Mauricio; Borrillo, Gastón; Viscovik, Cristina; De Landaburu, Federico; Dalessandro, José .-

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue observar y medir las nanopartículas del polieter-etercetona (PEEK) en polvo mediante la técnica de Bet y establecer su relación con la carga microbiana y la oseointegración. Para ello se utilizaron 50 g de PEEK en estado puro el cual fue sometido a la prueba física de Bet. Para llevar a cabo la misma se aplicó la adsorción de nitrógeno y la diferencia de presiones. Los datos se registraron mediante isobaras que indican la medida de la porosidad de las partículas del polvo. De acuerdo a los resultados obtenidos se infiere que la Media del tamaño de los poros de PEEK en polvo es  $1\mu\text{m}$ . Dicha medida es favorable para la inserción a los tejidos duros del hueso, no así para la adhesión de la carga microbiana que supere  $1\text{ m}$  de diámetro.

**Palabras clave:** PEEK en Polvo - Nanopartículas - Porosidad -

### SUMMARY

The objective of this work was the observe and measure the nano particles of powered polyether ether (PEEK) by means of the Best technique and establish relationship with the microbial load an osseointegration. To tis end, 50 g of PEEK were used in its pure state. Which was subjected to Best's physical test to carry out the same the nitrogen adsorption and the pressure difference were applied. The data were recorded by means of isobars indicating the measure that indicated porosity of the dus particles. According to their results obtained, it's inferring red that thieve rage size of the pore sis of PEEK poder is  $1\mu\text{m}$ . This measure is favorable for the insertion to the hard tissues of the bone, but not for adhesión of the microbial loads that exceeds  $1\mu\text{m}$  in diameter.

**Key words:** Dust PEEK - Nanoparticles - Porosity -

## Introducción

En el campo de la Rehabilitación oral, el polietileno-tercetona (PEEK) es un biomaterial innovador, debido a sus propiedades físicas, químicas y a la biocompatibilidad que presenta con el medio oral. Las características físicas que más se han destacado son la rugosidad de su superficie y la flexibilidad del mismo, que permite la confección de implantes dentarios a rosca resistentes a las fuerzas de tracción (1); (2) Es un material estético, generalmente de color blanco, además de ser insoluble en agua, lo que hace que sea un material biocompatible, aún para los pacientes alérgicos. No presenta corrosión, no se degrada en presencia de la saliva, a pH ácido, alimentos o bebidas consumidas. Estas características son importantes para que el mencionado material pueda ser utilizado en Implantología Oral, ya que al no corroerse, no se desprenderán partículas extrañas, tóxicas o inmunológicas (3), (4), (5) El mencionado material está formado por partículas que fácilmente pueden combinarse con otros materiales tal como la hidroxiapatita, que es un material biocompatible con el hueso, fibras de carbono que aumentarían la biocompatibilidad del material a los tejidos duros periimplantarios, entre otros (6), (7) Sin embargo, cuando el PEEK es utilizado en estado puro, ya sea en forma de polvo o varilla, conserva el tamaño de sus nanopartículas que impedirían la liberación de sustancias, en caso de estar en forma combinada, y dificultarían la adhesión de las bacterias orales, debido al pequeño tamaño de su porosidad (5) La reactividad química de los materiales se encuentra en su superficie; el aumento del número de átomos en la superficie a medida que se reduce su tamaño, incrementa la energía libre de superficie y su tendencia a combinarse; los átomos en la superficie son termodinámicamente inestables. (2); (5) En relación a su biocompatibilidad con los tejidos periimplantarios y al aspecto microbiológico en relación a la adhesión de las bacterias orales, se ha investigado la propiedad de la porosidad. Se considera como tal, a los espacios vacíos (Vv) o a los espacios porosos (Vp- IUPAC) por unidad de volumen total de material. La porosidad es una propiedad física que se puede establecer de dos formas: porosidad total y la porosidad abierta. La primera se define al volumen total (n) de los espacios vacíos por unidad de volumen de un material. Mientras que la definición de porosidad abierta, corresponde al volumen de poros abiertos (N0) o comunicados entre sí y con el exterior por unidad de volumen total de material (Vt). Los materiales que están formados por nanopartículas, son aquellas que presentan una porosidad de entre 10 y 110 nanómetros. Los microorganismos presentes en la cavidad bucal pueden medir entre 10 y 300 nanómetros, mientras que el hueso alveolar en estado normal, puede alcanzar entre 400 y 700 nanómetros de densidad. (2) El objetivo de este trabajo fue observar y medir las nanopartículas del polietileno-tercetona (PEEK) en polvo mediante la técnica de Best y establecer su relación con la carga microbiana y la oseointegración.

## Materiales y Métodos

El diseño metodológico de este trabajo fue experimental de tipo transversal. Para el desarrollo del estudio se utilizaron 30 g de polvo de polietileno-tercetona (PEEK), extraídos de una varilla de PEEK categoría IV,

de origen inglés, marca Vestapeek, que cumple con las normas ISO 13485:2003 y 9001:2008. Para la medición de los poros de las nanopartículas del PEEK en polvo se utilizó la técnica Best, que se lleva a cabo mediante la diferencia de presiones, teniendo en cuenta el volumen total del área analizada.

### 2-a- Técnica de Best:

Para aplicar esta técnica se utilizó un sortímetro marca Micrometrix, modelo Assap 2020, facilitado por el departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP. En la técnica física de Best se utilizó el mecanismo de absorción, de fisiosorción y la diferencia de presión. El mismo permite obtener la medida de profundidad del espacio (volumen de la muestra), que se basa en la medición del ancho y volumen de los poros de diferentes partículas. En primer lugar, se debe realizar una desgasificación mediante dos puertos que tiene dicho aparato. De esta manera, uno de los puertos se encarga de generar un vacío que permite la eliminación de las partículas impuras gaseosas y líquidas. A su vez, dicho dispositivo posee un engranador por donde pasa una corriente de nitrógeno (N), mientras se van graficando las porosidades de las partículas en grados (a 100 C, durante 700 minutos), esquematizadas a través de isotermas. Esto permite medir la profundidad del espacio molecular, en relación al volumen que se desea analizar. Los poros se miden en función de gramos (g) y el ancho en cm<sup>3</sup>, que luego se trasladan a nanómetros.

### 2-b- Registro e interpretación de los datos:

El registro de los datos (volumen de la muestra y porosidad de la misma), se realizó a través de gráficos de isobaras. Para ello se aplicó la siguiente ecuación:

$$\frac{P}{V_a (P_0 - P)} = \frac{1}{V_m C} + \frac{C-1}{V_m C} \frac{P}{P_0}$$

Siendo:  
Va: la cantidad de gas absorbido de la presión (P)  
Vm: la cantidad de gas adsorbido cuando toda la superficie está cubierta por una capa monomolecular de gas  
C: es una constante  
P0: corresponde a la presión de saturación del gas

Para obtener la Media (M) de los diferentes resultados de la porosidad de las nanopartículas del PEEK en polvo, los datos fueron procesados por medio de la técnica de Varianza, considerando como significativo  $P > 0,05$ .

## Resultados

La isobara que se expresa en la Figura 1 indica diferencias de presiones relativas utilizadas para recorrer un área de superficie de  $4.316 \pm 0.5547$  cm<sup>2</sup>/g, que corresponde a la cantidad absorbida en cada uno de los poros del área mencionada.

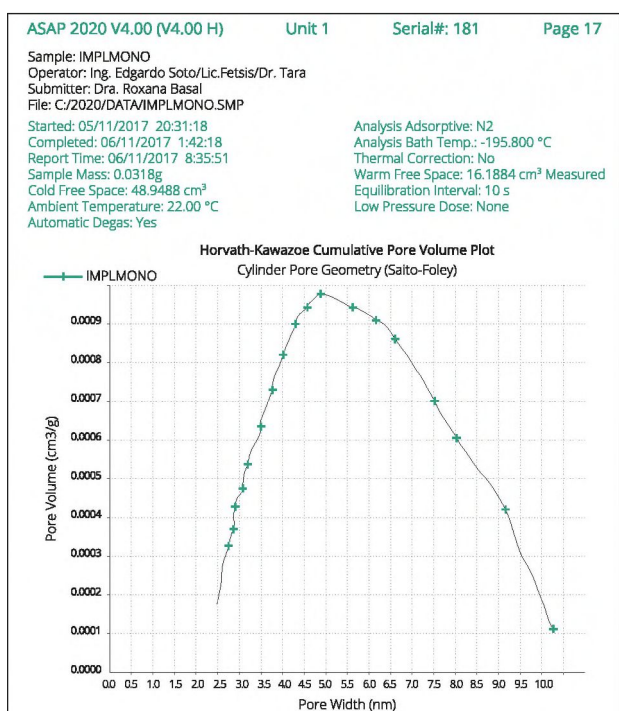


Figura 1. Isobara que representa las medidas de los poros de una muestra de PEEK en polvo, analizada mediante el sortímetro ASSAP.

Tal como indica la Figura 1 la isobara señala sobre el eje X, el ancho de los diferentes poros (porewidth) del polietere-tercetona, expresados en nanómetros, y sobre el eje Y están representado l volumen de los poros en centímetros cúbicos por gramo (cm<sup>3</sup>/g). En dicha figura se aprecia una diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes poros, siendo el más pequeño = 2.4 nanómetros de ancho, ubicado en un volumen por debajo de 0.002 cm<sup>3</sup>/g, mientras que el mayor corresponde a una medida de 0.0009 cm<sup>3</sup>/g. El gráfico fue expresado sobre una muestra de 0.0318 g por una superficie de 48.948 cm<sup>3</sup>.

Isotherm Tabular Report			
Pressure (P/Po) Absolute Pressure (mmHg)	Quantity Adsorbed (cm <sup>3</sup> /g STP)	Elapsed Time (h:min)	Saturation Pressure (mmHg)
0.034895598	26.942596	0.1142	02:43
0.046197153	35.667736	0.1989	02:46
0.050161056	38.727669	0.2094	02:48
0.055284097	42.682442	0.2385	02:50
0.060194971	46.473007	0.2730	02:53
0.070247335	54.233143	0.3026	02:55
0.080154635	61.881084	0.3456	02:57

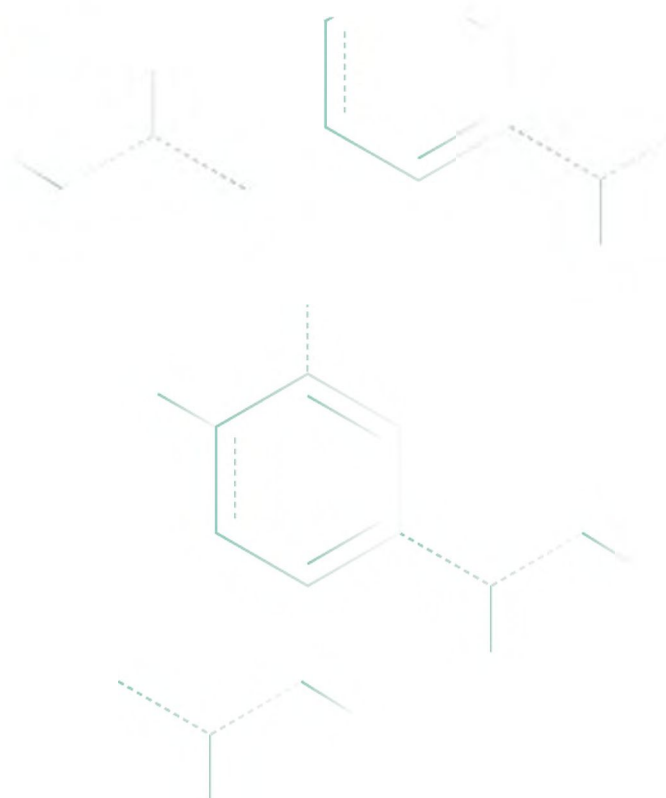
Figura 2. Representación de las variaciones de presión y tiempos registrados en las isobaras durante el análisis de las medidas de porosidad.

Como indica la tabla de la Figura 2, el rango de presiones utilizada fue de entre 0.034895598 (mmHg) a 0.080154635 (mmHg), en un periodo de tiempo estimado entre 02:43 a 02:57 minutos.

La Media correspondiente a la medida de los poros de las nanopartículas de PEEK en polvo analizada mediante el test de Varianza fue de 2,57 nanómetros, arrojando un número estadísticamente no significativo de  $P < 0,05$  entre los diferentes valores obtenidos en la técnica de Best.

## Discusión

Si bien no se han registrado reportes científicos sobre la porosidad de PEEK observada a través de la técnica de Best, existen ciertos autores que muestran resultados relacionados con la porosidad superficial del material analizado mediante Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), cuyos resultados serían coincidentes con los obtenidos en este trabajo. Otros estudios realizados "in vitro" e "in vivo" reportan que el polietere-tercetona, aumentaría la rugosidad de su superficie y por ende la porosidad al utilizarse PEEK modificado o combinado con otros elementos como: hidroxiapatita, fibras de carbono o dióxido de titanio. Dichas combinaciones mejorarían la adaptación de los implantes al hueso ya los tejidos blandos, pero también favorecería la adhesión bacteriana.. Si bien la hidroxiapatita es un material bioactivo para el tejido óseo, causando reacciones favorables para el hueso, permitiendo fácilmente la oseointegración del material del implante dentario al hueso, también aumenta considerablemente la rugosidad de dicho biomaterial. Las fibras de carbono actúan de forma similar al de la hidroxiapatita, aumentando la rugosidad de la superficie del material. (8) En consecuencia, se sugiere que el material de PEEK en estado puro sería más indicado para la elaboración de los implantes dentarios. Los materiales de grano fino dentro de las partículas originales, pueden promover la sinterización debido al efecto favorable en muchos mecanismos de transporte, mientras que la reacción de ciertas impurezas (fibras de carbono, restos de titanio), pueden ser considerados elementos indeseables en el proceso de esta técnica, lo que modificaría notablemente la rugosidad y porosidad del material.( 8)



1. Wu X; Liu X; Wei J; Ma F; Deng and Wie S. NanoTiO<sub>2</sub>/bioactive composite as bone substitute material: in vitro and vivo studies. *International Journal of Nanomedicine*, vol 7, pp. 1215-1225, 2012
2. Lavenus Sandrine, Guy Louarn; Layrolle Pierre. Nanotechnology and dental implants. *International Journal of Biomaterials*, December 2010
3. Najeeb, S; Zafar MS; Siddiqui, F. Applications of polyetheretherketone (PEEK) in Oral Implantology and Prosthodontics. *J Prosthodont Res* 2015; 60(1): 12-9
4. Schwitala AD; Spintig T; Kallage I; Müller WD. Flexural behavior of PEEK materials for dental application. *Dent Mater* 2015; 31 (11):1377-84
3. Scholes, S and Unsworth A. proceeding of the Institute of mechanical Engineers. Part H Journal of Engineering in Medicine. The wear properties of CFR-PEEK-OPTIMA accumulating against ceramics sesedon a multidirectional Pin-on plate machine. 2007
5. Shariq Najeeb; Zohaib Kurshid Sultan; Jukka Pekka Matinlinna; Kusaib Baroudi. Nannomodified PEEK Dental Implants. Bioactive composites and surface modification. A review. June 2015; *International Journal of Dentistry* PP: 1-7
6. Durhamill JW; Montelongo SA; Ong JL; et-al. Hidroxyapatite coating on PEEK implants: biomechanical and histological study in a rabbit model. *Material Cience and Engenieering*. November 2016; 68: 723-31
7. Lin GM, Xie GY; Sui GX; et-al. Hybid effect on nanoparticles with carbón fibers on the mechanical and wear properties of polymer composites. *Composites part B Engineering* 2012; 43 (1): 44-49
8. Martín Encinas, María Cruz. Trabajo final de la tesis en Ingeniería Aeronáutica, de Sevilla- España; 2015. Cap. VII, pág. 43-44
9. Chungata Cabrera Luis Andrés. Estudio del área superficial específica en la caracterización de los catalizadores a utilizarse en la clasificación catalítica para la producción de hidrógeno. Trabajo final de Ingeniería Química. Cuenca- Ecuador, 2017; pag. 51-54
10. Akkan CK; Hammadeh A; May et-al Surface topography and wetting modifications of PEEK of implant applications. *Laser in Medical Science* vol 29 n 5 pp. 1633-39
11. Phothikhun S; Suphanantachai S; Chuenchompoonut V, Nisapakultorn K. cone beam computed tomography evidence of association between periodontal bone loss and thickening of the mucosa of maxillary sinus. *J Periodontol* 2012; 3 (5): 557-64

